

令和 2 年 6 月 19 日現在

機関番号：32687

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K03726

研究課題名(和文)物質循環と水循環を考慮した流域圏モデルによる環境経済政策評価

研究課題名(英文)Evaluation of Environmental-Economic Policy by the Watershed Model Considering the Material Cycle and Water Cycle

研究代表者

櫻井 一宏 (SAKURAI, KATSUHIRO)

立正大学・経済学部・准教授

研究者番号：20581383

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、水環境に着目し流域圏の経済活動とその環境負荷のレベルを考慮しつつ最適な環境経済政策を検討することである。富栄養化を想定し、COD、全窒素、全リンを対象に愛知県豊川流域圏の分析を試みた。産業連関モデルをベースとした経済モデル、産業・家計部門、土地利用等から発生する環境負荷物質の動態を反映させた環境モデルを統合し、土地利用転換や産業補助金等の政策を組み込み、流域圏の諸データに基づいて動学的最適化シミュレーションを行った。その結果、将来人口予測を反映し目的関数の地域GDPおよび環境負荷は減少するが、政策導入によって人口あたり地域GDPが上昇し、流域圏環境経済政策の有効性が確認できた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

富栄養化をはじめとする水環境問題を念頭に入れて経済活動とのバランスを考える際、自然の系をひとつのまとまりとして対策を考えることが重要である。このような視点から、流域圏における環境経済政策導入の有効性をモデルシミュレーションにより明らかにすることを目的とした。経済活動を反映させた地域経済モデルと環境負荷物質の動態を記述した環境モデルを統合し、土地利用転換などいくつかの政策導入を想定してシミュレーション分析を行った。計算の結果、流域圏政策によって人口減少下でも生産性の向上や環境負荷の削減が可能であることが確認された。また、このような分析のためには流域圏ごとのデータ整備が必要であることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to consider the optimal environmental economic policy of the basin, focusing on the water environment problem and making consideration of the level of economic activity and its environmental emission. Assuming eutrophication, we analyzed the Toyogawa basin in Aichi prefecture, targeting the water environmental emissions as T-N, T-P and COD. In our simulation model, the economic model based on an input-output model and the environmental model reflecting the dynamics of water environmental emissions generated from industry and household sector, land use, and etc. are integrated, and incorporated some policies such as land use conversion and industrial subsidies. As a result of the dynamic simulation, the regional GDP and the environmental emission decreased reflecting the future population forecast, but the regional GDP per population increased due to the introduction of the policies, and the effectiveness of the environmental economic policy was confirmed.

研究分野：環境経済学

キーワード：水環境問題 流域圏 環境経済政策 物質循環 水循環 水質汚濁物質

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

世界各地で懸念されている富栄養化などの水質汚濁問題は、地球規模の環境問題と位置付けられた上で対策を急ぐべき重要な問題である。同問題の大きな原因のひとつは、化石燃料などの資源を大量に利用することで行われる生産や消費などの社会経済活動によって発生する環境負荷物質である。水環境問題における環境負荷物質は、河川や湖沼などの水系を通じて海域等に移動することから、流域圏における社会経済活動と環境負荷物質の排出を関連付け、物質循環的な視点に基づいて環境負荷を制御する総合的対策が必要である。また、近年、気候変動の影響等による集中豪雨が引き起こす河川の氾濫、水害が頻発している。環境経済政策においては、このような水害リスク低減のために水循環システムと経済活動による水利用等の関連を把握しておく必要がある。このような視点から、持続可能な社会を目指す上で重要な環境経済政策を検討することが重要であり、そのためには対象空間を流域圏とすることが合理的である。

### 2. 研究の目的

本研究は、主に水環境問題に着目して、それら環境問題の解決または改善のための環境経済政策をモデルシミュレーションによって総合的に評価することを目的とする。水環境問題とは、富栄養化をはじめとする水質汚濁や水資源量の問題等を含む。水環境問題は、陸域・沿岸域・海域を一体的に捉えた流域圏という空間を単位として、その圏域における社会経済活動とその環境的影響をベースに検討する必要がある。そのため、物質循環および水循環を組み込んだ流域圏モデルを構築することにより本質的な分析が可能になる。また、環境問題は総合的に対策が必要であることから、水環境問題に加えて温暖化・大気汚染物質等も含めた複数の環境負荷物質の同時制御を考慮した課税・補助金政策や土地利用転換、新技術導入などの環境経済政策オプションをシミュレーション分析によって総合評価し、望ましい流域圏再生政策について検討する。

### 3. 研究の方法

本研究では、流域圏を対象とし、物質循環と水循環を考慮した環境経済モデルを開発し、環境政策の評価を行う。

#### (1) 経済モデルの構築

地域産業連関表をベースとした当該地域での生産・消費と、それら経済活動による環境負荷物質の排出とを関連づけた経済モデルを構築する。産業部門と家計部門からの経済活動から、環境負荷物質として対象とする全窒素、全リン、CODの排出量が算出される。

#### (2) 環境モデルの構築

環境に関しては、対象とする環境負荷物質の流域圏内の輸送・拡散といった挙動が含まれる水循環がモデル化される。

#### (3) 対象地域の設定およびデータ収集

関連データ収集等を考慮してシミュレーション分析を適用する対象流域圏を選定する。経済データ、環境データ等を収集し、必要に応じて加工する。

#### (4) シミュレーションモデル構築

経済モデルおよび環境モデルを統合し、環境負荷物質量を制約として流域圏の地域GDPを最大化する制約付動学的最適化問題を定式化する。土地利用転換などの環境政策オプションについてもモデルに組み込む。

#### (5) シミュレーション

対象流域圏における環境経済政策評価のためのコンピュータシミュレーションを行う。導出された最適解に関して、目的関数、環境負荷物質、政策などの変数を解析することで望ましい流域圏の環境経済政策について検討する。

### 4. 研究成果

対象地域における産業連関モデルをベースとした経済モデルを構築し、産業および家計の経済活動レベルと連動した環境負荷を数量的に把握できるようモデルを拡張した。さらに、当該地域における環境負荷物質の輸送を記述した環境モデルを検討・構築した。これらのモデルを統合し、動学的最適化シミュレーションモデルを開発した。これまでの研究蓄積やデータ収集等の都合から、対象流域圏を愛知県豊川流域圏に決定した。同流域圏のシミュレーション分析を行うにあたり、対応する諸データとして、当該地域に関する各種経済データや人口、インフラ関連などの社会データ、全窒素、全リン、CODなどの水質汚濁物質データ等を収集した。また、土地利用データをはじめとする地理的なデータについても収集・加工した。シミュレーションモデルは、目的関数を地域GDPとして設定し、3種類の水質汚濁物質排出量制約、導入する政策等を組み込んで豊川流域圏に適用した。環境経済政策としては、土地利用転換および産業への補助金を設定し、さらに植物工場のような制御型農業を仮想的に導入するケースも検討した。10期モデルの計算の結果、人口の将来シナリオを反映して流域人口が減少するため目的関数である地域GDPおよび水質汚濁物質の排出量は減少するが、政策導入により一人あたりの地域GDPは増加することが明らかとなった。また、シミュレーションにより水質汚濁物質の削減率は最大で6.4%との結果となった。同様に土地利用転換や産業補助金についても、その規模および対象とする地域、そして実施するタイミングが明らかとなった。以上より、本研究によって流域圏を対象とする政策評価手法のひとつが提示され、流域圏環境経済政策の有効性が確認できた。今後、他の地域に

適用し、より精度の高い分析を行うためには、対応するデータの整備が必要となる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

|                                                                                                                 |                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| 1. 著者名<br>渋澤博幸・落合里咲・櫻井一宏                                                                                        | 4. 巻<br>49(1)         |
| 2. 論文標題<br>三河湾流域圏の地域産業と環境負荷削減の評価に関する研究 -地域間産業連関モデルと最適化モデルを用いた分析-                                                | 5. 発行年<br>2019年       |
| 3. 雑誌名<br>地域学研究                                                                                                 | 6. 最初と最後の頁<br>1-16    |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br><a href="https://doi.org/10.2457/srs.49.1">https://doi.org/10.2457/srs.49.1</a>     | 査読の有無<br>有            |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難                                                                          | 国際共著<br>-             |
| 1. 著者名<br>渋澤博幸, 櫻井一宏, 坂井原直樹, 山口誠                                                                                | 4. 巻<br>47(2)         |
| 2. 論文標題<br>観光消費の空間経済効果の評価方法に関する研究：静岡県の市町間産業連関表を用いて                                                              | 5. 発行年<br>2017年       |
| 3. 雑誌名<br>地域学研究                                                                                                 | 6. 最初と最後の頁<br>159-173 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br><a href="https://doi.org/10.2457/srs.47.159">https://doi.org/10.2457/srs.47.159</a> | 査読の有無<br>有            |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難                                                                          | 国際共著<br>-             |
| 1. 著者名<br>渋澤博幸, 高橋楓路, 宮田謙, 打田委千弘                                                                                | 4. 巻<br>47(1)         |
| 2. 論文標題<br>三遠南信地域を対象とした産業構造の評価：多地域産業連関アプローチ                                                                     | 5. 発行年<br>2017年       |
| 3. 雑誌名<br>地域学研究                                                                                                 | 6. 最初と最後の頁<br>1-15    |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br><a href="https://doi.org/10.2457/srs.47.1">https://doi.org/10.2457/srs.47.1</a>     | 査読の有無<br>有            |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難                                                                          | 国際共著<br>-             |
| 1. 著者名<br>櫻井一宏, 渋澤博幸, 中山恵子                                                                                      | 4. 巻<br>38            |
| 2. 論文標題<br>豊川流域圏における環境経済政策の影響分析                                                                                 | 5. 発行年<br>2017年       |
| 3. 雑誌名<br>港湾研究                                                                                                  | 6. 最初と最後の頁<br>21-38   |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>なし                                                                                  | 査読の有無<br>無            |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難                                                                          | 国際共著<br>-             |

|                                                                                                                                                    |                       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| 1. 著者名<br>Shibusawa H, Shimabukuro I, Uchida I                                                                                                     | 4. 巻<br>3(1)          |
| 2. 論文標題<br>Evaluating the regional economy and industrial structure using IRIO and MRIO tables for municipalities in Aichi and Okinawa prefectures | 5. 発行年<br>2019年       |
| 3. 雑誌名<br>Asia Pacific Journal of Regional Science                                                                                                 | 6. 最初と最後の頁<br>219-245 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br><a href="https://doi.org/10.1007/s41685-018-0093-1">https://doi.org/10.1007/s41685-018-0093-1</a>                      | 査読の有無<br>有            |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難                                                                                                             | 国際共著<br>-             |

|                                                                                                                                   |                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| 1. 著者名<br>Shibusawa H, Ochiai R, Sakurai K                                                                                        | 4. 巻<br>34            |
| 2. 論文標題<br>An Evaluation of Environmental Load Reduction in Mikawa Bay: The Input-Output Model Approach                           | 5. 発行年<br>2019年       |
| 3. 雑誌名<br>Theoretical and Empirical Analysis in Environmental Economics                                                           | 6. 最初と最後の頁<br>167-183 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br><a href="https://doi.org/10.1007/978-981-13-2363-8_9">https://doi.org/10.1007/978-981-13-2363-8_9</a> | 査読の有無<br>有            |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難                                                                                            | 国際共著<br>-             |

〔学会発表〕 計14件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 9件)

|                                                                                                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Shibusawa, H., Hanaoka, R. and Miyata, Y.                                                     |
| 2. 発表標題<br>Evaluating the Economic Damages by Tsunami and Resilience: Municipality Input-Output Approach |
| 3. 学会等名<br>12th World Congress of the RSAI (国際学会)                                                        |
| 4. 発表年<br>2018年                                                                                          |

|                                                                                              |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Sakurai, K., Shibusawa, H., Ochiai, R. and Miyata, Y.                             |
| 2. 発表標題<br>Model Analysis of the Reduction of the Water Pollutant Emission in the Mikawa Bay |
| 3. 学会等名<br>15th PRSCO Summer Institute (国際学会)                                                |
| 4. 発表年<br>2018年                                                                              |

|                                                                                            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Sakurai, K. and Shibusawa, H.                                                   |
| 2. 発表標題<br>Simulation Analysis of the Water Environment Policy in the Toyogawa River Basin |
| 3. 学会等名<br>58th European Congress of the Regional Science Association International (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2018年                                                                            |

|                                                  |
|--------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>酒井一, 渋澤博幸, 宮田譲                        |
| 2. 発表標題<br>豊橋市における環境共生型都市形成と二酸化炭素固定化技術導入の経済的影響評価 |
| 3. 学会等名<br>日本環境共生学会第21回(2018年度)創立20周年記念学術大会      |
| 4. 発表年<br>2018年                                  |

|                                                                                                                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Sakurai K, Shibusawa H, Ochiai R and Miyata Y                                                         |
| 2. 発表標題<br>Evaluating the Environmental Load Reduction in Mikawa Bay Using the Inter-regional Input-output Model |
| 3. 学会等名<br>57th Annual Meeting of Western Regional Science Association (国際学会)                                    |
| 4. 発表年<br>2018年                                                                                                  |

|                                                                                                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Sakurai K and Shibusawa H                                                                      |
| 2. 発表標題<br>The Simulation Model of the Environment-economic Policy Evaluation Based on the Catchment Area |
| 3. 学会等名<br>64th Annual North American Meetings of the Regional Science Association International (国際学会)   |
| 4. 発表年<br>2017年                                                                                           |

|                                        |
|----------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>落合里咲, 渋澤博幸, 宮田謙, 櫻井一宏       |
| 2. 発表標題<br>三河湾流域圏を対象とした環境経済分析に関する基礎的研究 |
| 3. 学会等名<br>日本地域学会第54回(2017年)年次大会       |
| 4. 発表年<br>2017年                        |

|                                                                                                                                          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Sakurai K and Shibusawa H                                                                                                     |
| 2. 発表標題<br>Simulation Analysis of the Land Use Conversion and Industrial Subsidy Policy as a Water Environment Policy in the River Basin |
| 3. 学会等名<br>57th European Congress of the Regional Science Association International (国際学会)                                               |
| 4. 発表年<br>2017年                                                                                                                          |

|                               |
|-------------------------------|
| 1. 発表者名<br>櫻井一宏, 渋澤博幸         |
| 2. 発表標題<br>流域モデルによる環境政策評価     |
| 3. 学会等名<br>日本応用経済学会2017年度春季大会 |
| 4. 発表年<br>2017年               |

|                                                                                                                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Shibusawa H, Sakurai K and Yamaguchi M                                                                                    |
| 2. 発表標題<br>Evaluating the Spatial Economic Impacts of Tourism in Shizuoka Prefecture, Japan: An Inter-regional Input-Output Approach |
| 3. 学会等名<br>25th Pacific Conference of the Regional Science Association International (国際学会)                                          |
| 4. 発表年<br>2017年                                                                                                                      |

|                                                                                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Sakurai K and Shibusawa H                                                                        |
| 2. 発表標題<br>Evaluation Modeling of the Water Environmental Policy in the Integrated River Basin and Bay Area |
| 3. 学会等名<br>59th European Congress of the Regional Science Association International (国際学会)                  |
| 4. 発表年<br>2019年                                                                                             |

|                                                                                                                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Sakurai K and Shibusawa H                                                                               |
| 2. 発表標題<br>Simulation Analysis of the Environmental Policy Evaluation and Regional Economy in the Mikawa Bay Basin |
| 3. 学会等名<br>16th Pacific Regional Science Conference Organization Summer Institute (国際学会)                           |
| 4. 発表年<br>2019年                                                                                                    |

|                                               |
|-----------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>洪澤博幸, 米光結衣                         |
| 2. 発表標題<br>流域圏経済の水害被害と復旧プロセスに関する研究: 愛知県を対象として |
| 3. 学会等名<br>日本観光学会中部支部大会                       |
| 4. 発表年<br>2019年                               |

|                                         |
|-----------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>松島大智・洪澤博幸                    |
| 2. 発表標題<br>大都市圏における津波被害と復旧過程の評価手法に関する研究 |
| 3. 学会等名<br>日本環境共生学会第22回(2019年度)学術大会     |
| 4. 発表年<br>2019年                         |



〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

|               | 氏名<br>(ローマ字氏名)<br>(研究者番号)                           | 所属研究機関・部局・職<br>(機関番号)                                | 備考 |
|---------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------|----|
| 研究<br>分担<br>者 | 渋澤 博幸<br><br>(SHIBUSAWA Hiroyuki)<br><br>(70291416) | 豊橋技術科学大学・工学(系)研究科(研究院)・教授<br><br><br><br><br>(13904) |    |